



# MANZANO

## DISTRIBUCIÓN DE MICRONUTRIENTES EN SUELO

# APPLE

## DISTRIBUTION OF MICRONUTRIENTS IN SOIL

María C. Aruani<sup>1</sup>  
Enrique Sánchez<sup>2</sup>

**Originales**  
Recepción: 26/06/2001  
Aceptación: 04/09/2001

### RESUMEN

Para medir la disponibilidad de los micronutrientes en la zona de mayor densidad radical de los frutales de pepita y carozo y sugerir pautas de manejo que permitan un uso sustentable del recurso suelo, se tomaron muestras representativas de 25 montes cultivados con manzanos a lo largo del Alto Valle del río Negro (Argentina). Se extrajeron muestras a 0-25 y 25-50 cm de profundidad y se determinó la concentración disponible de Fe, Cu, Mn y Zn; granulometría; pH; materia orgánica (MO); carbonatos; P y capacidad de intercambio catiónico (CIC).

Los resultados muestran que los micronutrientes se concentran mayoritariamente en la primera capa de suelo analizada, disminuyendo abruptamente en el estrato 25-50 cm. En la capa superficial, la disponibilidad de Cu y Zn está influenciada por el P mientras que el pH afecta la del Fe, Cu, y Mn en el estrato de suelo de 25-50 cm. En conclusión, es posible mejorar la nutrición mineral de los cultivos si se crean condiciones favorables para el crecimiento radical en la capa superficial del suelo.

### Palabras clave

Fe • Mn • Cu • Zn • Red Delicious •  
manejo de suelos • sostenibilidad

### ABSTRACT

The aim of this study was to measure the micronutrients availability in the zone of maximum root density for pome and stone fruit trees and to suggest sustainable soil management practices. Soil samples were taken at 0-25 cm and 25-50 cm depths in 25 apple orchards along the río Negro valley. Routine soil analyses were performed following standard procedures: pH, organic matter (OM), cation exchange capacity (CEC), available phosphorus and soil granulometry.

The results showed that there was a sharp decrease of micronutrients availability between the first and second soil layer. Phosphorus influenced the availability of Cu and Zn in the 0-25 cm layer while pH affected the availability of Fe, Cu and MN in the 25-50 cm layer of soil. It was concluded that it is possible to improve the mineral nutrition of fruit trees if the grower implements management practices that encourage the root growth and distribution in the upper soil

layer.

### Key words

Fe • Mn • Cu • Zn • Red Delicious • soil  
management • sustainable agriculture

- 1 Facultad de Ciencias Agrarias. UNComahue. Casilla de Correo 85. Cinco Saltos. Río Negro. [mcaruani@infovia.com.ar](mailto:mcaruani@infovia.com.ar)
- 2 INTA Alto Valle. Casilla de Correo 782. General Roca. Río Negro. [esanchez@inta.gov.ar](mailto:esanchez@inta.gov.ar)

## **INTRODUCCIÓN**

En árboles frutales y suelos con pH cercano a la neutralidad o alcalinos, los micronutrientes a menudo constituyen el factor limitante de la producción. Este grupo de elementos esenciales es más deficitario que el de los macronutrientes a excepción del N (16). En el Alto Valle del Río Negro las deficiencias de micronutrientes, en especial el Zn, son muy comunes en los montes frutales (15). Lamentablemente el origen de las mismas no ha sido estudiado y se desconoce si la carencia se debe a la baja disponibilidad mineral, al manejo de suelo que realizan los productores o a ambas causas. Cuando las raíces están bien distribuidas espacialmente en el volumen del suelo, mayor es su probabilidad de absorber nutrientes. Si se considera que cerca del 70 % del sistema radical de los frutales se concentra en los primeros 50 cm de profundidad se comprende la importancia de optimizar dicho volumen (19).

### **Objetivo**

- Medir la disponibilidad de Fe, Mn, Cu y Zn en la zona de mayor densidad radical de los frutales de pepita.
- Relacionar dicha concentración con las propiedades más importantes del suelo.
- Sugerir pautas de manejo para optimizar y mejorar la absorción de los micronutrientes.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La zona estudiada fue un sector del Alto Valle de Río Negro, comprendido entre Maique (latitud S. 38° 55' y longitud O. 67° 20') y Cinco Saltos (latitud S. 38° 56' y longitud O. 67° 59'). Las muestras de suelo fueron extraídas de 25 chacras ubicadas en diferentes unidades fisiográficas, donde se concentra la mayor actividad frutícola. Se eligió un cuadro de aprox. 1 ha por chacra. Se extrajeron muestras a dos profundidades: 0-25 y 25-50 cm. Cada muestra fue mezcla de 3 submuestras extraídas al azar en cada cuadro y de cada profundidad. Sobre la tierra fina seca al aire (TFSA) se determinó Fe, Cu, Mn y Zn disponibles con DTPA (8); granulometría (3); pH en pasta (agua 1:1); materia orgánica (21); P disponible (11); carbonatos y capacidad de intercambio catiónico (14). Los datos se procesaron mediante análisis de correlación y regresión lineal múltiple (selección de variables por stepwise)(17) utilizando como variables independientes pH, carbonato, materia orgánica, arcilla, limo, arena y P disponible.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Algunas propiedades observadas en las muestras superficiales de los suelos: pH, carbonatos entre niveles no detectables y contenido de materia orgánica se consignan en la tabla 1 (pág. 27). En las muestras subsuperficiales disminuye el contenido de materia orgánica. En cambio, pH y porcentaje de carbonatos son semejantes en ambas profundidades. En cuanto al P disponible, las variaciones son muy marcadas y en la capa subsuperficial disminuye prácticamente a la mitad.

**Tabla 1.** Propiedades de suelos del Alto Valle del río Negro.

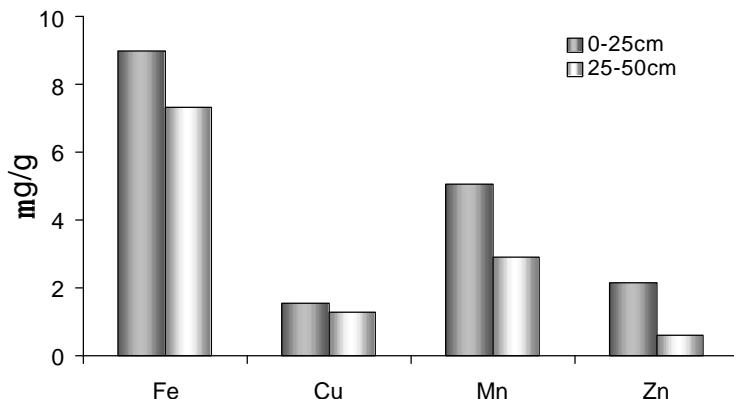
Variable	Media	Mín.	Máx.	Dev. Std.	Media	Mín.	Máx.	Dev. Std.
	0-25 cm				25-50 cm			
pH	7.40	6.25	8.07	0.43	7.57	6.56	8.23	0.42
% CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	2.52	nd*	7.20	2.67	2.90	nd*	8.16	3.09
% MO	3.13	1.40	5.10	0.90	1.40	0.44	3.67	0.77
P µg/g	30.7	5.2	100.0	33.5	13.1	5.0	58.4	13.4

\*nd: no detectable

Los micronutrientes en la capa superficial (tabla 2 y figura) superan los niveles críticos de disponibilidad: 4,2 µg Fe/g, 0,3 µg Cu/g, 1,2 µg Mn/g y 0,6-0,8 µg Zn/g (6). Estos valores hallados son más altos que los encontrados en suelos de Mendoza (4) pero más bajos que los citados en otros casos (12). En el valle del río Vélez (Málaga) los valores de Fe asimilable fueron más bajos y se triplicaron los contenidos en Zn, respecto de la zona de estudio (13). La distribución de estos micronutrientes presenta una neta disminución en profundidad: 71,2 % para Zn, 42,6 % para Mn y -en menor medida- 18,2 % y 16,2 % para Fe y Cu, respectivamente. En el caso particular del Zn el contenido medio en los 25-50 cm fue de 0,62 mg/g, concentración considerada crítica (6).

**Tabla 2.** Micronutrientes disponibles en muestras superficiales y subsuperficiales de suelo.

Micronutrientes (mg/g)	Media	Mín.	Máx.	Dev. Std.	Media	Mín.	Máx.	Dev. Std.
	0-25 cm				25-50 cm			
Fe	8.97	2.49	35.2	7.14	7.34	1.33	63.4	12.19
Cu	1.55	0.39	3.85	0.81	1.29	0.39	2.04	0.39
Mn	5.09	2.40	11.0	2.22	2.92	1.38	6.16	1.43
Zn	2.15	0.55	5.56	1.30	0.62	0.14	1.50	0.37



Concentración de micronutrientes disponibles a diferentes profundidades de suelo

Una de las prácticas culturales que se realizan en los montes frutales de pepita es la pasada de rastra de discos para dejar el suelo desnudo y posteriormente humedecerlo como un método pasivo de control de heladas, con la consecuente ruptura de raíces (10, 19). La tasa de crecimiento máximo de las raíces de manzano es aproximadamente 1cm/día y ocurre a mediados de primavera, coincidente con la época en que los productores del Valle realizan este control (2). Esto favorece el desarrollo de raíces a mayor profundidad donde se halla la menor concentración de micronutrientes, principalmente Zn.

En las muestras superficiales (tabla 3) se observó que el pH del suelo ejerce un efecto negativo en los contenidos de Fe y Mn disponibles. Este dato es coincidente con el de otros autores (4, 20). El comportamiento químico de estos elementos en el suelo es semejante y los factores primarios que afectan su disponibilidad son el pH y el potencial redox (5). El pH adecuado es 5-6 (9). Por cada unidad que aumente el pH en el suelo, la concentración de Mn y Fe se reduce en 100 y 1000 veces respectivamente (6). Con respecto a Cu y Zn, el P es la variable que interactúa positivamente. El agregado de fertilizantes fosforados produce una movilización de Cu desde la fracción residual a intercambiable y de Zn, desde los óxidos cristalinos de Mn y Fe, a la fracción intercambiable, aumentando así su disponibilidad (18).

**Tabla 3.** Ecuaciones y coeficientes de regresión de los micronutrientes.

Microelementos	Ecuaciones de regresión	R <sup>2</sup>
Zn	$y = 1.209 + 0.0306 P$	0.62 *
Cu	$y = 1.040 + 0.017 P$	0.48 *
Fe	$y = 111.16 - 13.82 \text{ pH}$	0.71 *
Mn	$y = 28.107 - 3.112 \text{ pH}$	0.37 *

\* Nivel de significancia 0.01

En las muestras subsuperficiales (tabla 4) se observó que el pH influye inversamente en Fe, Cu y Mn. A mayor profundidad los contenidos de P disminuyen alrededor del 50 % y, al parecer, la baja concentración de P a 25-50 cm no afecta la absorción de los micronutrientes (1). La materia orgánica no presentó asociación con los micronutrientes superficiales pero subsuperficialmente se correlaciona positivamente con Cu y Mn. Una explicación probable de este comportamiento podría ser la presencia de compuestos orgánicos más solubles que migran en el perfil del suelo como resultado de la descomposición de la materia orgánica o por exudados de las raíces, que interactúan formando compuestos solubles (7).

**Tabla 4.** Ecuaciones y coeficientes de regresión de los micronutrientes.

Microelementos	Ecuaciones de regresión	R <sup>2</sup>
Zn	$y = 0.508 + 0.016 \text{ Fe}$	0.28*
Fe	$y = 33.44 - 4.15 \text{ pH} + 4.87 \text{ Zn}$	0.52**
Cu	$y = 4.456 - 0.415 \text{ pH} + 0.152$	0.79**
Mn	$\text{MO} + 0.401 \text{ Zn} - 0.013 \text{ Arena}$	0.38*
	$y = 13.99 - 1.59 \text{ pH} + 0.73 \text{ MO P}$	

\* Nivel de significancia 0.1

\*\* Nivel de significancia 0.01

Importa también la relación de los micronutrientes y su equilibrio con la absorción de la planta (16). Altas concentraciones de Cu, Fe y Mn en el suelo inhiben la absorción de Zn. En los suelos estudiados el Fe es el elemento que presenta mayor significancia en la restricción del Zn a mayor profundidad (tabla 3, pág. 28) con un 28 % de regresión. La causa aparente de este antagonismo se originaría en la raíz por competencia en los sitios de absorción (9).

## **CONCLUSIONES**

- La mayor concentración de los micronutrientes se encuentra en los primeros 25 cm de profundidad. En esta zona, los valores se hallan dentro de rangos normales de suficiencia. La disminución de los micronutrientes desde la capa superficial a la subsuperficial es de 71.2 % para Zn, 42.6 % para Mn, 18.2 % para Fe y 16.2 % para Cu.
- En la capa superficial la disponibilidad de Cu y Zn está influenciada por el P.
- El pH es la variable que más actúa sobre la disponibilidad de Fe ( $R^2=0.72$ ) en los primeros 25 cm y en el estrato 25-50 cm, sobre la disponibilidad de Fe, Cu, y Mn.
- Se sugiere evitar el laboreo continuo para favorecer el desarrollo y distribución radicular en los primeros centímetros del suelo.
- Mediante un manejo óptimo del suelo es posible prescindir de fertilizantes foliares a base de micronutrientes.

## **Agradecimientos**

A Alida Sánchez y Liliana Barbieri por las lecturas de los micronutrientes.  
A los productores en cuyas chacras se realizó el estudio.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Aruani, M. C. y Sánchez, E. 1999. Influencia de algunas variables edáficas sobre la disponibilidad de micronutrientes en suelos del Alto Valle de Río Negro. Argentina. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Chile. 65 pp.
2. Atkinson, D. and Wilson, S. A. 1980. The grow and distribution of fruit tree roots: some consequences nutrient uptake: 137-150. En: Atkinson, D. Jackson, J. E.; Sharples, R. O. y Waller, W. M. (eds.) Mineral nutrition of fruit trees. Butterworths.London.
3. Bouyoucus, G. W. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soil. Soil Sci. 23: 343-353.
4. Gaviola de Heras, S. 1985. Micronutrientes en algunos suelos de la región árida y semiárida mendocina. Ciencia del suelo. Vol. 3-Nº 1-2 pp. 23-29.
5. Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 1985. Trace elements in soils and plants. CRC. Boca Raton. Florida. 293 pp.
6. Lindsay, W. L. 1972. Zn in soils and plant nutrition. Adv. Agron. 24: 147-186.
7. Lindsay, W. L. 1974. Role of chelation in micronutrient availability. pp. 507-524. In E. W. Carson. The plant root and its environment. Univ. Press of Virginia, Charlottesville.
8. Lindsay, W. L. and Norvell 1978. Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 42. 421-428.

9. Marchner. 1997. Mineral, nutrition of higher plants. 2da Ed. 889 pp. Academic Press. San Diego.
10. Nolting, J. T. 1976. Estudio sobre la distribución radical del manzano y peral en el Alto Valle de Río Negro. Investigación Agropecuaria, N° 2, Estación Experimental Regional Agropecuaria Alto Valle de Río Negro. 49 pp.
11. Olsen, S. R.; Cole, C. V.; Watanabe, F. S. and Dean, L. A. 1954. Estimation of available P in soil by extraction with  $\text{NaHCO}_3$ . USDA Circ. 939. U.S. Government Printing Office. Washington. D.C.
12. Ortega, B. V.; Ortega, M. C. y Las Heras, J. G. 1988. Influencia de diferentes factores del suelo sobre su contenido en microelementos asimilables: Mn, Fe, Cu, y Zn. An. Edafol. Agrobiol. Tomo XLVII:2-3. pp. 659-668.
13. Ruiz Nieto A.; Barahona E.; Jaime, S.; Huertas F.; Aguilar A. and Linares, J. 1989. Micronutrients distribution in grown soils (Fe and Zn). Prediction equations of contents. Anales de Edafología y Agrobiología. Tomo XLVIII N° 5 al 12: 605-613.
14. Sadzawka, A. 1990. Métodos de análisis de suelos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias serie La Platina N° 16. Estación experimental La Platina, Santiago de Chile.
15. Sánchez, E. E. 1996. Determinación de estándares nutricionales en pera, manzana y uva de mesa. Informe final del plan de trabajo 1106. INTA Alto Valle. 37pp.
16. \_\_\_\_\_. 1999. Nutrición mineral de frutales de pepita y carozo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 196 pp.
17. SAS Institute. Inc. 1991. SAS/STAT User's Guide. Versión 6, 4th ed. vol. 1 and 2. Cary.
18. Shuman, L. 1988. Effect of phosphorus level on extractable micronutrients and their distribution among soil fractions. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:136-141.
19. Silva, E. y Rodríguez, J. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. 519 pp.
20. Sillanpää, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. FAO Soil Bull. 444 pp.
21. Walkley, A. y Black, I. A. 1934. An examination of the Degthareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 28-29.

La relación entre propiedades del suelo y concentración foliar  
ha sido publicada en la revista INEA. 2001. Vol. 16(2) 299-305.